



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

输配电线路施工 实训教程

黄立新 主 编
王俊伟 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

输配电线路施工 实训教程

主 编 黄立新
副主编 王俊伟
编 写 谭社平 邱 林
主 审 李光辉 刘国雄



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育实验实训规划教材（电力技术类）。

全书共分五部分，主要包括线路施工测量，基础施工，杆塔组立，导线、地线架设基本训练和接地装置等。本书根据高职高专教学特点编写，内容安排循序渐进、要领突出，从个人技能到集体技能训练，使学生对输配电线路施工能达到一定的熟练程度，具有取材新颖、联系实际、结构紧凑、文字简练、基本概念清晰、重点突出等特点。

本书可作为高职高专院校电力技术类高压输配电线路施工运行与维护专业及其他相关专业的实训教材，也可作为中等职业技术学院相关专业的实训教材，还可作为相关工程技术人员培训教材和参考书。

图书在版编目（CIP）数据

输配电线路施工实训教程/黄立新主编. —北京：中国电力出版社，2009

普通高等教育实验实训规划教材. 电力技术类

ISBN 978-7-5083-9403-9

I. 输… II. 黄… III. 输配电线路—工程施工—高等学校—教材 IV. TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 158826 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 9 月第一版 2009 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 7 印张 165 千字

定价 11.50 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

“输配电线路施工实训”是高职高专院校电力技术类高压输配电线路施工运行与维护专业学生必修的、实践性很强的技术课程。通过训练可使学生熟悉输配电线路施工的工艺流程，包括线路施工测量，基础施工，杆塔组立，导线、地线架设基本训练和接地装置等五个部分；掌握输配电线路施工中各环节的要领和技巧。为适应输电专业的教学改革和专业建设对输配电线路施工实训提出的更高的要求，在教学内容、教学方法和教学手段上进行改革。为此，我们精选教学内容，增加新知识内容，以体现教材的系统性和先进性；提倡启发式、讨论式教学方法，以提高学生的自学能力和创新能力，扩大知识面；提倡在原有的教学基础上配合多媒体教学和网络教学等先进教学手段进行讲授。

本书坚持先进性和实用性相结合，突出技能，符合电力工业科技发展方向，体现了电力生产的新技术、新方法、新工艺，并力求向模块式教材靠拢，满足了培养企业供用电员工的需要；以电力生产目前实行的两个技术措施计划、四种规程的具体要求为依托，使教材达到规程、规范、制度的规定，充分体现出电力生产工艺特性。本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标，符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求，符合国家有关部门颁发的技术质量标准，具有取材新颖、联系实际、结构紧凑、文字简练、基本概念清晰、重点突出等特点。

本书由长沙电力职业技术学院黄立新编写第一部分，广西电力职业技术学院谭社平编写第二、三部分，长沙电力职业技术学院邱林编写第四、五部分，保定电力职业技术学院王俊伟参与编写了部分内容。全书由长沙电力职业技术学院黄立新统稿，由三峡大学李光辉副教授、湖南省湘西电业局高级工程师刘国雄主审。

由于编者水平有限，在编写中难免有疏漏之处，恳请批评指正。

编 者

2009年8月

目 录

前言

第一部分 线路施工测量	1
实训一 常用测量工具.....	1
实训二 经纬仪、水准仪和塔尺的使用方法.....	8
实训三 线路测量基本技能	10
实训四 输电线路施工测量	17
第二部分 基础施工	21
实训一 基坑的开挖	21
实训二 混凝土三盘的安装	25
实训三 现场浇制混凝土基础的施工	28
实训四 掏挖基础的施工	38
实训五 不等高斜柱基础的施工	42
实训六 岩石基础施工	46
第三部分 杆塔组立	50
实训一 混凝土电杆的组立	50
实训二 铁塔的组立	63
第四部分 导线、地线架设基本训练	76
实训一 导线、地线的展放	76
实训二 紧线施工及弧垂观测	82
实训三 附件安装	89
实训四 导线与避雷线的连接	93
第五部分 接地装置	99
实训一 接地装置施工	99
实训二 接地电阻测量.....	102
参考文献	105

第一部分 线路施工测量

实训一 常用测量工具

一、实训目的及要求

- (1) 认识测量工具。
- (2) 了解测量工具的种类及其基本结构。

二、工器具、材料的准备

序 号	名 称	型号或规格	单 位	数 量
1	光学经纬仪	J2 或 J6	台	1~2
2	水准仪		台	2
3	全站仪		台	2
4	钢卷尺	5m, 20m	把	2
5	标杆	$\phi 32\text{m} \times 2\text{m}$	根	2
6	铁锤	8 磅	把	1
7	桩			
8	细铁丝		m	若干
9	小铁钉		kg	若干

三、实训内容

(一) 光学经纬仪

光学经纬仪主要由望远镜、水平度盘、垂直度盘和基座四部分组成，其基本结构如图 1-1 所示。国产 J6 型经纬仪是为地形测量使用而生产的 6 级光学仪器，其结构如图 1-2 所示。

经纬仪的下部是一个金属基座，由脚螺旋支承整个仪器。基座中心是一个空心垂直轴轴套，当仪器转动时，基座应保持不动。仪器上部统称照准部，照准部下端是一个垂直轴，插在基座的垂直轴轴套内。垂直轴可以在轴套内转动。照准部的上端是水平轴和望远镜，水平轴在照准部的两个支架上，望远镜可以绕水平轴转动。与水平轴连接在一起的还有一个垂直度盘，可以测垂直角。水准器也在照准部内，用以调整水平仪使水平度盘可测量水平角，度盘上顺时针，刻有角度分划值，还配有专门读数装置。此外，为了控制水平度盘和望远镜的转动，还分别装有制动微动装置。

1. 水准器

为了测得水平角，经纬仪的水平度盘必须保持水平，垂直轴就处于铅垂位置。水准器有管水准器（见图 1-3）和圆水准器（见图 1-4）两种。圆水准器只能用来粗整仪器，而管水准器则可以精确整平仪器。

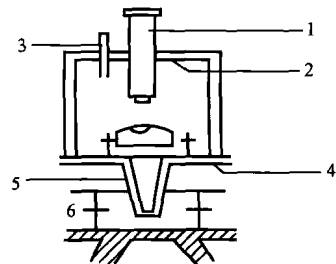


图 1-1 光学经纬仪基本结构

1—望远镜；2—水平轴；3—垂直度盘；
4—水平度盘；5—垂直轴；6—基座

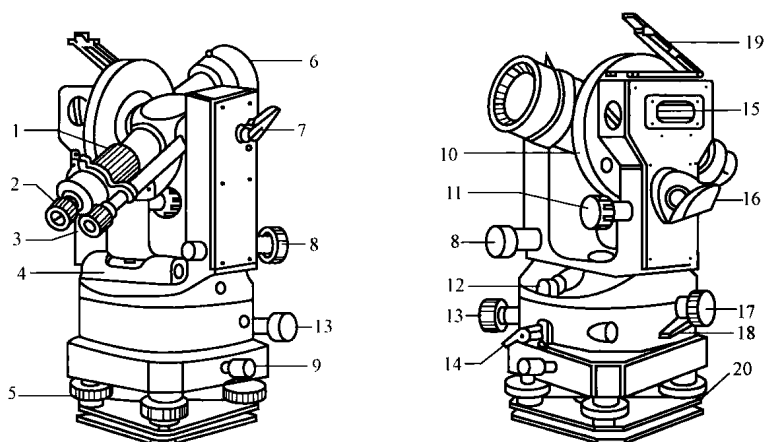


图 1-2 国产 J6 型经纬仪

- 1—对光螺旋；2—目镜；3—读数显微镜；4—照准部管水准器；5—脚螺丝；6—物镜；
7—望远镜制动板；8—望远镜微动螺旋；9—轴座固定螺旋；10—竖直读盘；
11—垂直度盘水准管微动螺旋；12—光学对中器目镜；13—水平微动螺旋；
14—水平制动螺旋；15—垂直度盘水准管；16—反光镜；17—度盘变换手柄；
18—保险手柄；19—反光镜；20—基座



图 1-3 管水准器

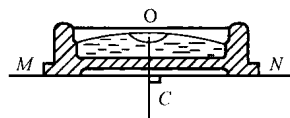


图 1-4 圆水准器

2. 望远镜

望远镜是经纬仪的照准设备。它的作用是将不同距离的目标通过望远镜放大成像，使观测者看清目标，也为了精确照准目标。

现代经纬仪的望远镜都采用内对光式，它由物镜、目镜、调焦透镜和十字丝分画板四部分组成，如图 1-5 所示。十字丝分画板如图 1-6 所示。

望远镜的读数设备包括度盘、测微器、显微镜三部分。度盘分水平度盘和垂直度盘，都是由玻璃材料制成的。水平度盘沿着全圆周从 $0 \sim 360^\circ$ 顺时针刻有等角距分划线，相邻两分划线间弧长对的圆心角称为度盘的格值。J6 型经纬仪的水平度盘格值有 $10'$ 、 $30'$ 两种。

测微器是对量测不足一格的小数用的，目的是使读数准确度提高。外部光线，通过反光

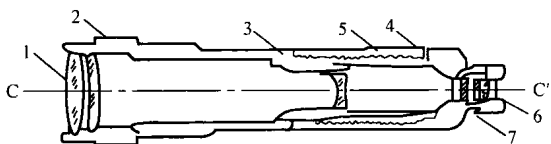


图 1-5 望远镜

- 1—物镜；2—物镜筒；3—调焦透镜；4—十字丝平面；
5—转动螺旋；6—目镜；7—目镜筒

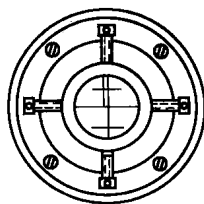


图 1-6 十字丝分画板平面图

镜反射进去照亮度盘，内部的光学装置将水平度盘和垂直度盘的影像折射到望远镜旁边的读数显微镜里。测微器分为以下两种：

(1) 单平行玻璃板光学测微器，又叫测微轮式读数装置。图 1-7 所示为读数窗成像情况，其中度盘格值为 $30'$ ，分划盘共刻划 90 个分格，当度盘分划影像移动一整格时，分划盘同时移动 90 格，所以分划盘格值为 $30'/90=20''$ 。读数时，转动测微轮，使度盘分划精确地平分双指标线，先从度盘上读出度数和整 $30'$ 数，再从测微盘上按指标线读出分数和秒数，两数相加，即为度盘完整读数。图 1-7 中水平度盘度数为 $5^{\circ}30'+7'20''=5^{\circ}37'20''$ 。

(2) 分划尺测微器，又叫测微尺式测微器。图 1-8 所示为分划尺度盘成像情况，度盘格值为 $1'$ 分划尺有 60 分格，所以分划尺格值刚好为 $1'$ 。读数时，以度盘分划线为指标线，反过来读取分划线在划尺上读数，估读到 $0.1'$ 。图 1-8 中水平读数为 $215^{\circ}7.5'$ ，垂直度盘读数为 $78^{\circ}52.5'$ 。

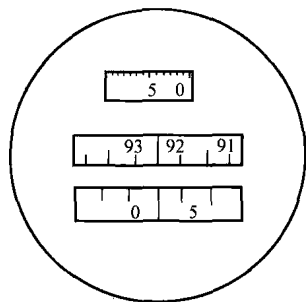


图 1-7 读数窗成像情况

3. 基座

照准部以下为基座。转动基座下 3 个脚螺旋可使水平盘水准管泡居中，从而使水平度盘水平，仪器旋转轴竖直。

使用仪器时，用三脚架头上的连接螺旋将仪器和三脚架连在一起，使连接螺旋上悬挂的垂球尖端对准地面木桩上的小钉，即可进行视距测量和角度测量。光学经纬仪大多数有直角棱镜的光学对中器，它与垂球比较有准确度高不受风吹影响的优点。

(二) 水准仪

水准仪主要由望远镜、水准器、三脚架等组成，其结构如图 1-9 所示。它是测量地形、高程的主要工具，线路测量中常用来测量杆塔施工基面标高及基础标高。

(三) 全站仪

全站型电子速测仪简称全站仪，它是一种可以同时进行角度（水平角、竖直角）测量、距离（斜距、平距、高差）测量和数据处理，由机械、光学、电子元件组合而成的测量仪器。由于只需一次安置，仪器便可以完成测站上所有的测量工作，故被称为全站仪。其结构如图 1-10 所示。

全站仪上半部分包含有测量的四大光电系统，即水平角测量系统、竖直角测量系统、水平补偿系统和测距系统。通过键盘可以输入操作指令、数据和设置参数。以上各系统通过 I/O 接口接入总线与微处理机联系起来。

微处理机 (CPU) 是全站仪的核心部件，主要有寄存器系列（缓冲寄存器、数据寄存器、指令寄存器）、运算器和控制器组成。微处理机的主要功能是根据键盘指令启动仪器进行测量工作，执行测量过程中的检核和数据传输、处理、显示、储存等工作，保证整个光电测量工作有条不紊地进行。输入、输出设备是与外部设备连接的装置（接口），使全站仪能与磁卡

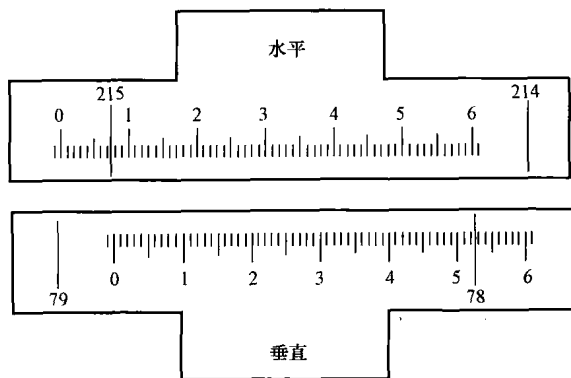


图 1-8 尺度盘成像情况

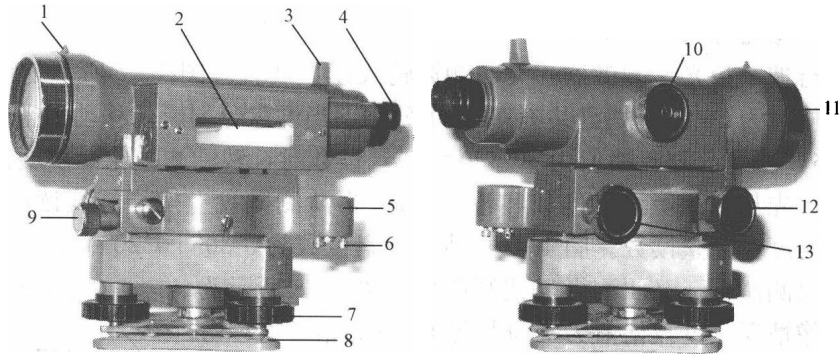


图 1-9 水准仪

- 1—准星；2—管水准器；3—照门；4—目镜；5—圆水准器；
6—圆水准器校正螺丝；7—脚螺旋；8—三角底板；9—水平制动螺旋；
10—调焦螺旋；11—物镜；12—水平微动螺旋；13—微倾螺旋

和微机等设备交互通信、传输数据。

目前，世界上许多著名的测绘仪器生产厂商均生产有各种型号的全站仪。不同型号的全站仪，其具体操作方法会有较大的差异。下面简要介绍全站仪的基本操作方法。

1. 测量前的准备工作

(1) 电池的安装：

- 1) 把电池盒底部的导块插入装电池的导孔；
- 2) 按电池盒的顶部直至听到“咔嚓”响声；

- 3) 向下按解锁钮，取出电池。

注意：测量前电池需充足电。

(2) 仪器的安置：

- 1) 在实验场地上选择一点，作为测站，另外两点作为观测点；

- 2) 将全站仪安置于观测点，对中、整平；

- 3) 在两点分别安置棱镜。

(3) 竖直度盘和水平度盘指标的设置。

1) 竖直度盘指标设置。松开竖直度盘制动钮，将望远镜纵转一周（望远镜处于盘左，当物镜穿过水平面时），竖直度盘指标即已设置。随即听见一声鸣响，并显示出竖直角。

2) 水平度盘指标设置。松开水平制动螺旋，旋转照准部 360° ，水平度盘指标即自动设置。随即一声鸣响，同时显示水平角。至此，竖直度盘和水平度盘指标已设置完毕。注意：每当打开仪器电源时，必须重新设置和的指标。

(4) 调焦与照准目标。操作步骤与一般经纬仪

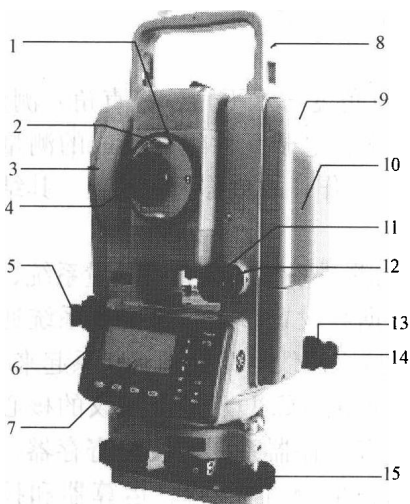


图 1-10 全站仪

- 1—望远镜调焦螺旋；2—望远镜把手；
3—竖盘；4—目镜；5—光学对中器；
6—数据通信接口；7—显示屏；8—提把；
9—电池缩紧杆；10—电池；11—垂直制动螺旋；
12—垂直微动螺旋；13—水平微动螺旋；
14—水平制动螺旋；15—整平脚螺旋

相同,注意消除视差。

2. 角度测量

(1) 首先从显示屏上确定是否处于角度测量模式;如果不是,则按操作转换为距离模式。

(2) 盘左瞄准左目标 A,按置零键,使水平度盘读数显示“ $0^{\circ}00'00''$ ”,顺时针旋转照准部,瞄准右目标 B,读取显示读数。

(3) 同样方法可以进行盘右观测。

(4) 如果测竖直角,可在读取水平度盘的同时读取竖盘的显示读数。

3. 距离测量

(1) 设置棱镜常数。测距前须将棱镜常数输入仪器中,仪器会自动对所测距离进行改正。

(2) 设置大气改正值或气温、气压值光在大气中的传播速度会随大气的温度和气压而变化, 15°C 和 760mmHg 是仪器设置的一个标准值,此时的大气改正为 0ppm 。实测时,可输入温度和气压值,全站仪会自动计算大气改正值(也可直接输入大气改正值),并对测距结果进行改正。

(3) 量仪器高、棱镜高并输入全站仪。

(4) 距离测量。照准目标棱镜中心,按测距键,距离测量开始,测距完成时显示斜距、平距、高差。HD 表示水平距离,VD 表示倾斜距离。

全站仪的测距模式有精测模式、跟踪模式、粗测模式三种。精测模式是最常用的测距模式,测量时间约 2.5s ,最小显示单位 1mm 。跟踪模式,常用于跟踪移动目标或放样时连续测距,最小显示一般为 1cm ,每次测距时间约 0.3s 。粗测模式,测量时间约 0.7s ,最小显示单位 1cm 或 1mm 。在距离测量或坐标测量时,可按测距模式(MODE)键选择不同的测距模式。

注意:有些型号的全站仪在距离测量时不能设定仪器高和棱镜高,显示的高差值是全站仪横轴中心与棱镜中心的高差。

4. 坐标测量

(1) 设定测站点的三维坐标。

(2) 设定后视点的坐标或设定后视方向的水平度盘读数为其方位角。当设定后视点的坐标时,全站仪会自动计算后视方向的方位角,并设定后视方向的水平度盘读数为其方位角。

(3) 设置棱镜常数。

(4) 设置大气改正值或气温、气压值。

(5) 量仪器高、棱镜高并输入全站仪。

(6) 照准目标棱镜,按坐标测量键,全站仪开始测距并计算显示测点的三维坐标。

(四) 丈量工具

丈量距离的工具包括钢尺、花杆、塔尺、测钎和垂球。下面简要介绍几种。

1. 钢尺

钢尺是钢制的带尺,如图 1-11 所示。钢尺的基本分划为厘米,在每米及每分米处都有数字注记,适用于一般的距离测量。有的钢尺在起点处至第一个 10cm 间,甚至整个尺长内都刻有毫米分划,这种钢尺适用于精密距离测量。



图 1-11 钢尺

钢尺根据零点位置的不同,又可分为端点尺和刻线尺两种,如图 1-12 所示。端点尺是以尺的最外端边线作为刻划的零线,当从建筑物墙边开始量距时使用很方便。刻线尺是以刻在钢尺前端的“0”刻划线作为尺长的零线,在测距时可获得较高的精度。由于钢尺的零线不一致,使用时必须注意钢尺的零点位置。

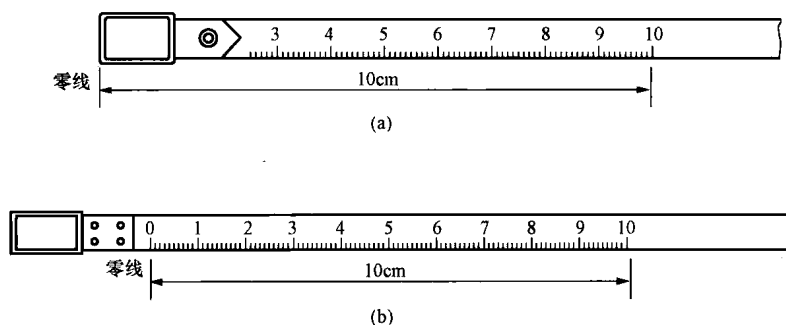


图 1-12 钢尺的零点位置

(a) 端点尺; (b) 刻线尺

2. 塔尺

塔尺也称测尺,是测量地形高差和测量视距的工具。其外形如图 1-13 所示。塔尺有铝合金塔尺和木质塔尺两种。为方便正镜和反镜仪器“读数”,在塔尺的两面没有正向和倒向数字。

3. 花杆、测钎

花杆、测钎外形如图 1-14 所示。

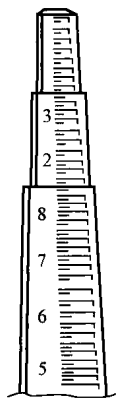


图 1-13 塔尺

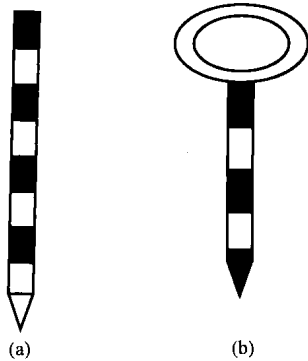


图 1-14 花杆和测钎

(a) 花杆; (b) 测钎

实训二 经纬仪、水准仪和塔尺的使用方法

一、实训目的及要求

- (1) 练习经纬仪、水准仪对中、整平、瞄准和读数的方法，掌握基本操作要领。
- (2) 要求对中误差小于 3mm，整平误差小于一格。
- (3) 掌握塔尺的使用方法。

二、工器具、材料的准备

序 号	名 称	型号或规格	单 位	数 量
1	光学经纬仪	J2 型或 J6 型	台	1~2
2	水准仪		台	2
3	钢卷尺	5m, 20m	把	2
4	标杆	$\phi 32\text{m} \times 2\text{m}$	根	2
5	塔尺		把	2
6	桩	50mm $\times$ 50mm $\times$ 600mm	个	若干
7	细铁丝		m	若干
8	小铁钉		kg	若干

三、实训内容

(一) 经纬仪的使用方法

经纬仪的使用包括对中、整平、瞄准、读数四个步骤。下面主要介绍前三个步骤。

1. 对中

对中的目的是使仪器的中心与测站点位于同一铅垂线上。对中可用垂球或光学对点器对中。垂球对中准度一般在 3mm 之内，光学对点器对中可达 1mm。调整对中器对光螺旋，看清测站点，依次移动三脚架的其中两个脚，使对中器中的十字丝对准测站点。踩紧三脚架，通过调节三脚架高度使圆水准气泡居中。

2. 整平

整平的目的是使仪器竖轴在铅直位置，而水平度盘在水平位置。转动照准部，使水准管平行于任意一对脚螺旋，同时相对旋转这对脚螺旋，使水准管气泡居中；将照准部绕竖轴转动 90°，旋转第三只脚螺旋，使气泡居中；再转动 90°，检查气泡误差，直到小于刻划线的一格为止。

脚螺旋精平，采用左手大拇指法则，如图 1-15 所示，气泡居中，1、2 等高；如图 1-16 所示，气泡居中，3 与 1、2 等高。具体步骤如下：

- (1) 转动照准部，使水准管与脚螺旋 1、2 连线平行；
- (2) 根据气泡位置运用左手大拇指法则，对向旋转脚螺旋 1、2；
- (3) 转动照准部 90°，运用左手大拇指法则，旋转脚螺旋 3；
- (4) 架头上移动仪器，精确对中；

- (5) 脚螺旋精平；
- (6) 重复 (4)、(5) 两步。

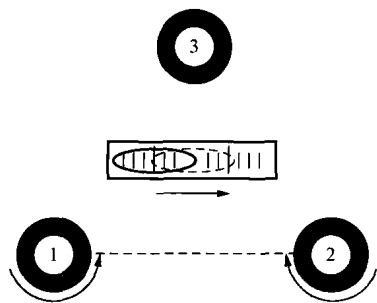


图 1-15 气泡居中，1、2 等高

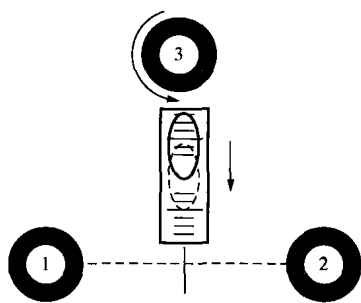


图 1-16 气泡居中，3 与 1、2 等高

3. 瞄准

瞄准的步骤为：粗瞄—制动—调焦—微动精瞄。

测量水平角时应使十字丝纵丝平分或夹准目标，并尽量对准目标底部。用望远镜上瞄准器瞄准目标，从望远镜中看到目标，旋转望远镜和照准部的制动螺旋，转动目镜螺旋，使十字丝清晰。再转动物镜对光螺旋，使目标影像清晰，转动望远镜和照准部的微动螺旋，使目标被单根竖丝平分，或将目标夹在双根竖丝中央。

注意：瞄准时，尽量瞄准目标下部，如图 1-17 所示。

(二) 塔尺的使用方法

塔尺多为矩形抽拉式结构，每抽一节有卡簧弹出，使用时务必注意卡簧是否到位，否则将造成测量误差。为了便于观测和辩论距离在塔尺数字上方或下方标以红点，若数字上有一个红点，则表示为 1m 段范围，两个红点表示 2m 段范围……依次类推，如塔尺上的数字为“4”，则表示为 4m。

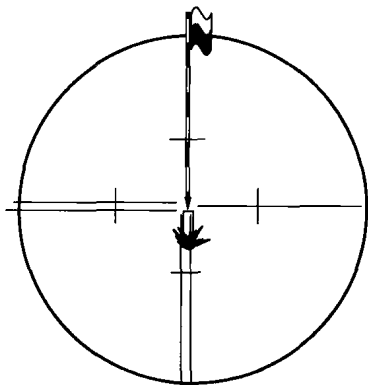


图 1-17 瞄准

四、实训考核评分表 (见表 1-2)

表 1-2 经纬仪、水准仪和塔尺的使用考核评分表

考核时间：30min

满分：100 分

姓名：

序号	考核内容	技能考核要求	标准分	评分标准	得分
1	光学经纬仪的使用方法	用锤在地面上钉一木桩，桩上钉一小铁钉作为测站，用经纬仪进行对中、整平、瞄准等操作	70 分	每错一项扣 10~15 分	
2	塔尺的使用方法	任给一位置能准确知晓塔尺的读数	30 分	每错一项扣 5 分	
总 分					

实训三 线路测量基本技能

一、实训目的及要求

- (1) 练习用经纬仪进行直线定线测量，掌握基本操作要领。
- (2) 练习用经纬仪进行角度测量，掌握基本操作要领。
- (3) 练习用经纬仪进行距离测量，掌握基本操作要领。

二、工器具、材料的准备

序 号	名 称	型号或规格	单 位	数 量
1	光学经纬仪	J2 型或 J6 型	台	1~2
2	望远镜		架	1
3	大木锤或铁锤	8 磅	把	2
4	标杆	$\phi 32\text{mm} \times 2\text{m}$	根	2
5	塔尺		把	2
6	桩	$50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 600\text{mm}$	个	若干
7	细铁丝		m	若干
8	小铁钉		kg	若干
9	红漆、毛笔		支	1

三、实训内容

(一) 直线定线

如图 1-18 所示，当两个地面点之间的距离较长或地势起伏较大时，为使量距工作方便起见，可分成几段进行丈量。

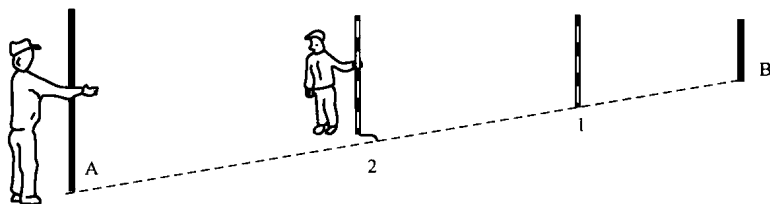


图 1-18 直线定线

直线定线有如下两种常用方法：

- (1) 目视定线。对于一般量距可用目视定线。
- (2) 经纬仪定线。对于精密量距则应用经纬仪定线。正倒镜分中法延长直线，见图 1-19。经纬仪法定线的测量步骤如下：

(1) 确定线路起点，最好能同时确定出线仓中心位置。从出线仓中心垂直出线 20~30m 处作为始端杆中心点，即线路起点，先钉下木桩，桩上以圆钉定出中心点，在中心点上放置

经纬仪对中并整平后，即可对准前方路径向前测量。

(2) 持标杆沿线路路径前方 100m 左右停止，待仪器观测人指挥标杆位置正确无误后，方可钉下编号的导线桩，同时用绳尺丈量距离数字，记录入表 1-3 中。

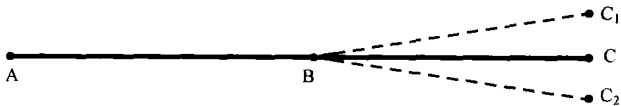


图 1-19 正倒镜分中法

表 1-3 导线桩测量记录表

_____ kV _____ 线					
地点	桩号	距离 (m)	累计距离 (m)	交叉跨越物	备注

小组负责人_____ 测量者_____ 年 月 日

(3) 继续持标杆前进，每 100m 左右钉一导线桩。若地形变化的高差在 ±0.5m 以上时，测量时应在开始变化处增加钉桩；遇交叉跨越其他线路时，则在交叉点增钉加桩；遇交叉跨越道路、河流时，在两边钉加桩。

(4) 经纬仪需向前移动时，一般直线定线测量法是在最后所钉木桩上，用标杆立桩顶找正后，在桩顶找正处钉一圆钉，再将标杆竖立圆钉中心复测无误后，即可将经纬仪移到此桩上安置。同样对中、整平，后视原来放经纬仪木桩上所立标杆，随即固定度盘，将镜筒翻转 180°，开始继续向前测视。

若经纬仪误差较大，或要求准确度较高的定线测量，应采用正倒镜两次观测前视点之分中位置，钉立最后木桩，即为确定延长直线的方向桩。

(二) 角度测量

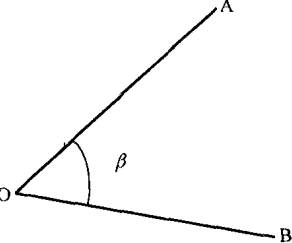
1. 测回法原理

上半测回与下半测回合起来称一测回。测回法测量角度示意图如图 1-20 所示。

(1) 上半测回，盘左位置。先瞄准 A 目标，读取水平度盘读数 a ，然后瞄准 B 目标，读取水平度盘读数 b 。

角度值 $\beta = a - b$ ，盘左位置所测角度 β 称为上半测回。

(2) 下半测回，盘右位置。先瞄准 B 目标，读取水平度盘读数 b ，然后瞄准 A 目标，读取水平度盘读数 a 。



角度值 $\beta' = a - b$ ，盘右位置所测角度 β 称为下半测回。

(3) 取平均值作为最后结果，即 $\beta_{av} = (\beta + \beta') / 2$ 。

(4) 上半测回与下半测回所测角值之差不得超过 40''。

2. 测回法测水平角

(1) 实训准备和要求：

1) 仪器和工具实验设备为每组 DJ6 型光学经纬仪 1 台，记录板 1 块，测伞 1 把。

图 1-20 测回法测量角度示意图

2) 在实训场地每组打一木桩, 桩顶钉一小钉或划十字作为测站点, 周围布置 A、B 两个目标, 供测角用。

3) 在熟悉经纬仪的使用后, 每人用测回法测水平角一个测回, 实训结束时, 每人交一份实习报告。

(2) 操作步骤:

1) 经纬仪的安置。

2) 松开三脚架, 安置于测站点上, 其高度大约在胸口附近, 架顶大致水平。

3) 打开仪器箱, 双手握住仪器支架, 将仪器从箱中取出置于架顶上。一手紧握支架, 一手拧紧连接螺旋。

4) 熟悉仪器各部件的名称和作用。

5) 经纬仪的使用。

6) 度盘配置。设共测 n 个测回, 则第一个测回的度盘位置为略大于 0° 。若测两个测回, 根据公式计算第一测回起始读数稍大于 0° , 第二测回起始读数稍大于 90° 。

7) 一测回观测:

a. 盘左。瞄准左边目标 A, 进行读数记 a_1 , 顺时针方向转动照准部, 瞄准右边目标 B, 进行读数记 b_1 , 计算上半测回角值 $\beta_l = b_1 - a_1$ 。

b. 盘右。瞄准右目标 B, 进行读数记 b_2 , 逆时针方向转动照准部, 瞄准目标 A, 进行读数记 a_2 , 计算下半测回角值 $\beta_r = b_2 - a_2$ 。

c. 检查上、下半测回角值误差是否超限, 计算一测回角值。

d. 测站观测完毕后, 检查各测回角值误差不超过 $\pm 24''$, 计算各测回的平均角值。

8) 注意事项:

a. 瞄准目标时, 尽可能瞄准其底部;

b. 同一测回观测时, 切勿误动度盘变换手轮或复测扳手。

3. 测回法测竖直角

1) 竖直角是指同一竖直面内视线与水平线间的夹角, 如图 1-21 所示。竖直角分为以下两种: ①仰角, 角值为正; ②俯角, 角值为负。竖直角的大小在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之间。

天顶距是指同一竖直面内坐标纵轴方向与视线之间的夹角。它与竖直角为互余。

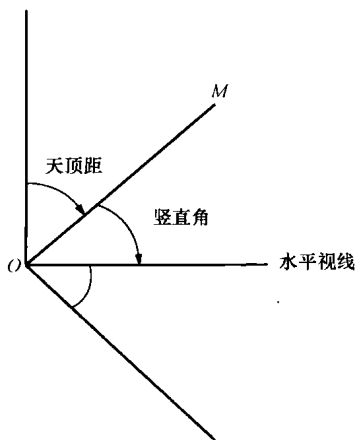


图 1-21 竖直角与天顶距

2) 竖直角的计算 (逆时针为例), 见图 1-22。

a. 上半测回 (盘左位置):

$$\alpha_l = (\text{读数})L - 90^\circ (\text{起始读数})$$

b. 下半测回 (盘右位置):

$$\alpha_r = (\text{起始读数})270^\circ - R(\text{读数})$$

c. 一测回竖直角为 $\alpha = (\alpha_l + \alpha_r)/2$

d. 竖盘指标差:

$$\text{盘左位置: } \alpha = (L - X) - 90^\circ = (L - 90^\circ) - X = \alpha_l - X$$

$$\text{盘右位置: } \alpha = 270^\circ - (R - X) = (270^\circ - R) + X = \alpha_r + X$$

3) 竖直角观测 (同样要对中、整平):

a. 盘左位置: 瞄准目标、调整竖盘指标气泡、读数。

b. 盘右位置: 瞄准目标、调整竖盘指标气泡、读数,